農業試驗所特刊第210號

農業氣象災害

技·術·專·刊

行政院農業委員會農業試驗所 編印

中華民國一〇七年十一月

Contents

目　錄

序 1
提升農民自主性防災能力 2
農業氣象站更新、建置及資訊提供 5
農業災害情資網介紹 12
農作物早期預警及推播系統介紹 18
無人機 (UAV) 協助農損勘災—加速災後救助流程與復耕 26
台灣重要經濟果樹防災栽培曆之應用 33
防風網降風特性及應用 41
高接梨寒害發生條件及因應方法 45
葡萄以噴霧系統預防高溫危害技術研發 52
番荔枝果樹颱風災後復原技術 57
氣象小知識 64

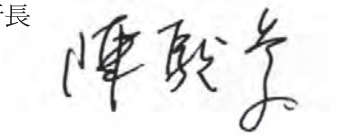
序

農業災害威脅農作物生產及農產品穩定供應，尤其是豪雨及颱風對於農業的影響更為劇烈。但面對未來氣候變遷下災害發生頻率與強度將更為極端化，必須建構更完整與更有效率之防災體系，以減緩極端天氣所帶來的衝擊。農委會於民國105年起執行“農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究”之政策型計畫，由農業試驗所統籌及推動，聚集科技研發力量以透過資料庫整合、防災技術研發及重要作物生產區防災整體營造等主動作為，由過去消極救災轉化為積極防範，推動防災調適策略以照顧農民生計及穩定農產品供應，同時彰顯農業科研績效。

農業氣象災害之防範策略，涉及氣象及災害預報、作物災害預警及通報、防減災技術研發、勘災作業效率提升等，需要跨部會的合作共同解決。因此，本計畫結合交通部中央氣象局、科技部國家災害防救科技中心、大專院校、及農委會所屬各區改良場所共同執行，經近三年的研究已有許多具體成果，包括新增農業氣象站，重要作物生產區精緻化氣象預報服務，災前提供農作物早期預警系統及推播APP，災中進行農業災害預警及應變作業，災後則提供作物復原技術及利用無人飛機協助勘災等。並建立防災資料庫或圖資，包括台灣農業災害及易受損作物類型及區域分析，以標示災害高風險區 (hot zone)，作物易受災生育期之致災條件，及各項作物面對不同災害時之防範技術。

本專刊主要是將過去執行三年之成果彙集，配合農民學院課程及防災體系說明會之辦理，以簡單易懂的內容提供給農民，以強化農民自主性防災能力。此外，也感謝計畫執行團隊的努力，對台灣農業的永續經營盡一份力量。

行政院農業委員會農業試驗所
所長



中華民國一百零七年十一月

提升農民自主性防災能力

台灣地處東北亞與東南亞交會處，每年夏季因西南季風盛行，或是滯留鋒面，造成強降雨；而源於赤道附近的太平洋熱帶性低氣壓 (颱風)，亦常侵襲台灣，造成農作物損傷。當極端化的天然災害發生頻率與強度增加，災害衝擊無法避免時，如何建構「韌性農業」(resilient agriculture) 系統，以協助農民在災前防範、災後復健，加速恢復生產力，並減緩極端天氣所帶來的衝擊，達成照顧農民生計及穩定農產品供應目標，為未來農業發展的重點工作項目。因此，農委會於民國105年起，執行「農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究」政策型計畫 (以下簡稱農林防災計畫)，透過設置農業氣象站、整合災害資料庫、研發防 (減) 災技術及整體營造重要作物生產區防 (減) 災等主動作為，同時兼顧農業環境及穩定生產之永續經營模式，以提升農民「自主性」防災能力。

農林防災計畫組成團隊包括：交通部中央氣象局、國家災害防救科技中心、行政院農業委員會農業試驗所、林業試驗所、各區改良場及大學院校等計10個機關。跨域整合努力，展現以下具體成果：

1. 建置農業氣象站：

計畫執行前具有即時傳輸之農業氣象站僅17個，經農委會與中央氣象局的努力，目前已有100個升級或新增農業氣象站，預計至108年完成130個測站，以蒐集更詳盡的現地氣象觀測資料或即時災害資訊。

2. 重要作物生產區精緻化預報服務：

挑選全國55個重要農作物生產區，由中央氣象局提供精緻化氣象預報，目前已開始提供預報服務。

3. 建置農業災害情資網：

災害發生時，國家災害防救科技中心開發農業災害情資網，提供歷史災損資訊及發生熱區、即時農業區災害警戒範圍及災損影像，提供農政單位應變及農民防災之用。

4. 作物防災栽培曆：

針對重要及易受損作物建立防災栽培曆，包括作物生育期可能遭遇之氣象災害及致災門檻，建議防災措施及肥培管理等，以圖表方式呈現，提供農民耕作參考，目前完成35種作物防災栽培曆。

5. 農作物早期預警及推播系統：

透過整合將氣象資料轉化為作物防災資訊，依據中央氣象局氣象預報資訊，進行農作物災害預警通報，並提供手機APP功能，方便農民接收災害訊息。

6. 作物防災技術研發：

選擇重要經濟作物 (如梨、…) 為技術研發目標，透過設施資材利用、產期調整及適栽性評估等作為，減少作物受災風險，並強調「低成本」及「好施作」的防災技術，以利於推廣予農民。

7. 研發無人飛行載具進行災害勘查技術及運用：

利用無人飛行載具空拍攝影，監測農林地受災，研發多元作物災損影像辨識技術，並與實際勘災作業結合，協助災後各項勘災救助作業及森林生物量變化估算及佐證應用。

本計畫有二大重點目的：第一、透過研發成果，以提升農民對於防災自主能力，強化災前防災資訊利用及推播，讓農民在面對天然災害時，有充分的預防措施，減少災害損失。第二、分析歷年重要經濟作物之受災狀況，並配合農委會推動之災害保險制度，建構完整的農業災害調適能力。未來本計畫將啟動「參與式防災系統」，讓不同地區、不同栽培作物之農民，能因應各種災害，收到預警及防範訊息。並於災後，透過工作坊形式，邀請不同作物的產銷班、養殖業者、農業經營者實際分享經驗，廣泛蒐集使用者回饋意見，同時促進公私部門結合，凝聚共同防災的概念及作為，降低災害對農業的威脅及損失。

為使更多農民能了解災害預防的重要性，提升自主性的防災能力，本所特整合本計畫以往研究成果，集結團隊成員貢獻所長，出版「農林災害防災推廣手冊/技術專刊」，以祈使本計畫成果，提供農民在面臨風災雨害時，能迅速調適應變，減少損失。

農業氣象站更新、建置及資訊提供

■交通部中央氣象局／柳再明．錢根樹．蔣順惠

一、前言

中央氣象局(簡稱氣象局)與行政院農業委員會 (簡稱農委會) 合作建置之「農業氣象觀測網」已近30年 (自民國75年起陸續建立)，因觀測儀器老舊，且無定時編列足夠經費進行維護與更新，觀測網整體出現觀測資料錯誤、漏失及品質不佳等問題之頻度逐漸增加。近年來，低溫、豪雨及颱風等極端天氣，常為農業帶來巨額損失，另外，舊有各地農業氣象資料，並無即時提供下游氣象資訊之平台環境，更缺乏對作物產區之精緻預報資訊，突顯出農業相關觀測資料的空間分佈嚴重不足，亦無法滿足農業從業相關人員在農作物栽培規劃、及農林防災準備與研究工作等項目的資訊需求。

因此氣象局與農委會合作，執行「農業氣象觀測網之強化與災防化 (105年～108年)」計畫。在此計畫中，除利用近年來，氣象局內自動站增建之觀測資訊，亦配合農業氣象站之增建，以加強氣象資料蒐集密度，同時透過對外服務網頁「農業氣象觀測網監測系統 (http://agr.cwb.gov.tw)」的建立，「即時」呈現多種測站來源觀測資料。並提供57個作物生產專區精緻預報，加強農事建議等整合性資訊功能。前項服務網頁也希望能藉由過去氣象資料分析，作為輔助資訊，提供生產者參考及掌握未來天候變化趨勢，期望能透過過去、現在及未來之3方氣象資料分析及訊息揭露，增進氣象資料在農業生產上跨域服務之應用價值。

二、105年起農業氣象站更新及新建置

為提高資料傳輸品質、速度及資料網頁即時呈現效率，舊有農業氣象測站(含一級及二級站) 已全面更新，改善資料無法自動化傳輸或觀測品質不佳等問題，更新的觀測項目儀器包含氣溫 (最高、最低及均溫)、相對溼度、雨量、風

速 (平均及最大值)、風向、日射量、氣壓、地溫 (地面5公分、地表、地下5、10、20、50及100公分)等皆更新為符合世界氣象組織(WMO, World Meteorological Organization) 規範之觀測儀器。已更新的測站之資料處理設備 (data logger) 具有簡易資料品質控管功能，可進行觀測合理值範圍驗證、合理資料變化量驗證，且驗證合格取樣數應達到66% (風向及風速資料為75%)，始可用於計算分鐘資料或其他衍生計算，否則該分鐘資料則視為遺失。觀測資料輸出已全面佈署無線網路、光纖網路或4G模組，使資料可穩定自觀測坪之data logger傳輸至測站電腦，再由測站電腦以ADSL網路傳輸至本局第二組之地面氣象暨雨量自動測報系統及資料庫，並介接至本局針對農業氣象所設置之氣象資訊網頁顯示。至107年，農業氣象站除已更新舊有35站外，另已新建6站 (詳如表一) (圖一) (圖二)。

表一、「農業氣象觀測網之強化與災防化」計畫至107年底農業氣象站更新及新增列表

年度	更新汰換之農業氣象觀測站	新增農業氣象測站
105	桃園區農業改良場、桃園場五峰工作站、台中區農業改良場、林務局南投溪頭營林區、台南區農業改良場、台南場雲林分場、高雄區農業改良場、台東區農業改良場班鳩分場、台東賓朗果園、茶業改良場台東分場、高雄區農業改良場旗南分場	畜產試驗所新竹分所
106	苗栗區農業改良場、畜產試驗所、畜試所恆春分所、花蓮區農業改良場、花蓮場蘭陽分場、台南場義竹工作站、茶業改良場、茶改場文山分場、茶改場凍頂工作站、茶改場魚池分場、種苗繁殖改良場、竹山、桃園農工、農試所嘉義分所、農試所鳳山分所	苗栗區農業改良場大湖分場
107	農業試驗所、林業試驗所蓮華池研究中心、農業試驗所嘉義分所溪口農場、台大實驗林區和社站、台大實驗林區內茅埔站、屏東農田水利會東港站、屏東農田水利會恆春站、雲林農田水利會口湖站、台灣電力公司萬大發電廠	台中區農業改良場埔里分場、林業試驗所中埔研究中心四湖海岸植物園、特有生物研究保育中心 (七股)、台南區農業改良場嘉義分場

圖一、台南區農業改良場義竹工作站

圖二、茶業改良場文山分場

三、農業氣象資料提供

為提供農業從業人員現在、過去及未來之農業氣象資訊，中央氣象局整合觀測及預報資料，建置「農業氣象觀測網監測系統」網頁，並可掃描QR-code直行進入網站 (圖三)。網頁分為三個資訊面向，(1) 即時觀測、(2) 觀測及氣候資料，及 (3) 預報資料。期望作為農業從業人員防災、減災及日常作業，可直接參考應用之氣象訊息。網頁資訊提供說明如下：

1. 即時監測：

此頁面為平台首頁，至107年底，除接收並顯示本局農業氣象科更新及新增之41農業氣象站外，同時即時顯示本局自設含日射量及地溫之63個觀測自動站 (無人站)，以及全台27個局屬站 (有人站)，總共131站之即時觀測資料。以台灣之電子地圖標定各種測站位置，預設地圖上首先顯示農業氣象站，上方可再以不同條件篩選全部或部分測站顯示。地圖旁為各測站目前最新觀測資料表，預設顯示

圖三、「農業氣象觀測網監測系統」網頁首頁，即時顯示農業氣象站、自動站及局屬站共133站之觀測資料，左側電子地圖可縮放並點選單一測站顯示該站近24小時內觀測資料

「基本天氣狀況」頁籤上，包括溫度、雨量、相對濕度、風力、風級及日射量，其他觀測項目列於「地溫」及「其他」之頁籤中，資料表上方可回朔查找當日觀測資料 (圖三)。若要查找單一某個測站，可透過地圖上方下拉式選單，點選北中南東區域，加上測站種類進行篩選，再搭配以滑鼠滾輪縮放大小地圖，查找測站位置。找到測站位置後，可直接點選地圖上測站位置點，網頁將以跳出新頁的方式，呈現該測站過去24小時內至目前最新所有觀測項目之資料。

另外，緊急事件的資訊也揭露於「天氣警特報」的紅色警示標籤。當本局發佈豪 (大)雨、陸上強風、低溫特報及海上陸上颱風警報等消息時，本網頁亦同步顯示提醒訊息，使用者點擊後，即可瀏覽文字內容，而電子地圖上可套疊台灣區域的雷達回波圖及衛星雲圖，用以及時了解雨區分佈之情形，這些資訊皆可讓使用者更準確進行防災準備 (圖四)。

圖四、可同步顯示中央氣象局所發佈之天氣警特報，點選紅色標籤可看內容

2. 觀測時序圖表：

針對農業應用主要觀測項目，包含溫度、雨量、相對濕度、風速及日射量，提供各測站過去7天內的觀測資料繪製之曲線圖，圖形化呈現較易閱讀，且可用下拉式選單，選擇觀看不同時間密度之結果。目前提供過去24小時 (每小時)、過去3天 (逐3小時)、過去5天 (逐12小時) 及過去7天 (逐24小時) 之觀測曲線圖及數值表格 (圖五)。此外，未來觀測資料分析功能，將擴增至不同測站過去10年內，溫度及雨量每日、侯、旬及月資料不同年度之圖型化比較，方便農業從業人員對各地氣候表現得到更精確的資訊，輔助農事操作之判斷。

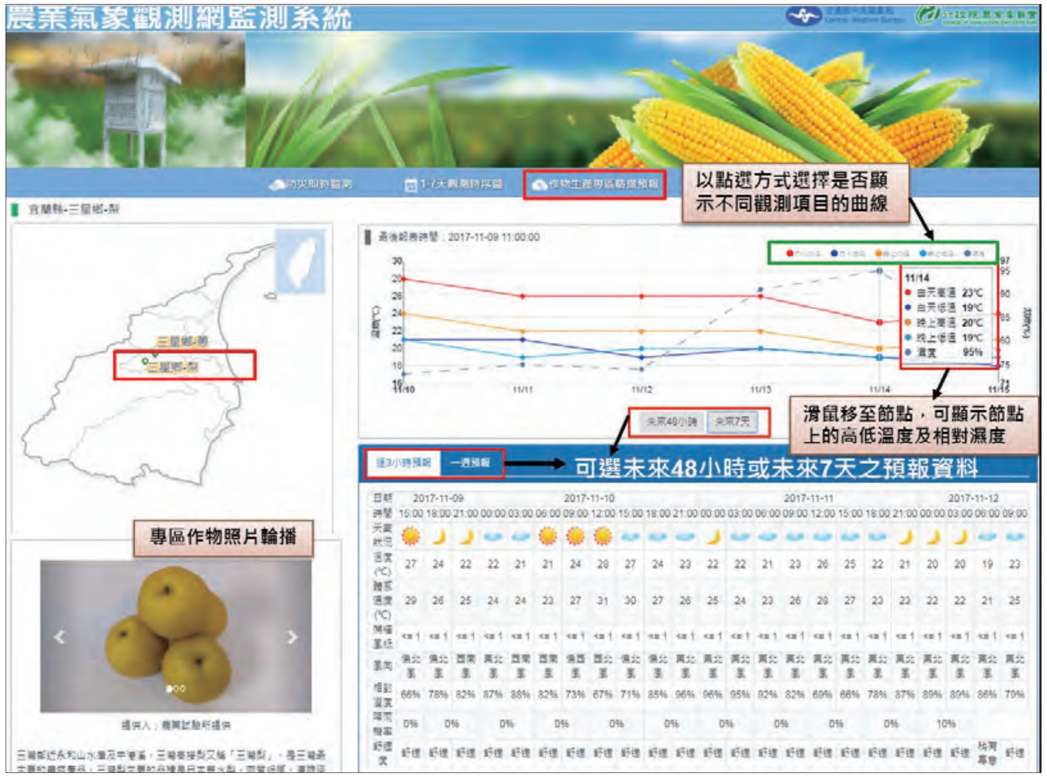
3. 作物生產專區精緻預報：

由於台灣地形多樣，易造成不同地區間微氣候及天氣表現的不同，而農業生產直接受到天氣影響甚劇，因此氣象局於本計畫中，配合行政院農業委員會農業試驗所篩選之41種作物共57個生產區作為示範點，針對專區經緯度位點產製客製化預報資訊，並於本系統網頁「作物生產專區精緻預報」標籤下呈現，可透過地圖點選生產專區所在之縣市，以進入專區預報資料，或是以右下方關鍵字搜尋或下拉式選單，查找專區並進入專區預報頁面 (圖六)。客製化預報服務讓專區農友，更精確獲得所在地未來的資訊，以便即早進行栽培管理或防災應變安排。

四、結論及展望

農業是易受天候影響、對氣象資訊強烈依賴之產業，因此針對農業將相關之氣象資訊彙整於平台揭示，有其必要性。藉著近年氣象局內自動站的增設及農業氣象站的設備更新及升級，使得觀測資料，可即時提供農業參考、防災等實務應用。透過本計畫之測站更新及網頁平台建置，不僅揭露測站過去、現在及未來之氣象資訊，更直接對農業生產地，提供客製化的預報服務，未來相關資訊的彙整，也免除農友在眾多氣象產品中查找歸納之時間。針對農業應用所需之氣象資訊於系統完整呈現並適當的推廣宣導下，相信必能對產地農友有所助益。

圖五、觀測時序圖頁籤下，可顯示各測站溫度、雨量、相對溼度、風速及日射量等資訊過去7天內的觀測資料



圖六、以宜蘭縣三星鄉梨生產專區為例，頁面主要提供專區未來48小時內每三小時預報，及未來7天每12小時之預報資料，另外，曲線圖展示溫度及相對溼度預報值，更方便使用者閱讀

農業災害情資網介紹

■國家災害防救科技中心／徐永衡・蘇文瑞・李欣輯・
黃亞雯・陳永明

一、前言

台灣地理位置與環境相當特殊，橫跨兩種氣候類型 (熱帶與亞熱帶)，本島四面環海、多山且地勢險峻，也因如此多樣化的地形，及適中的緯度位置，使得台灣擁有栽培多樣化作物的潛力，然各種作物遭受天然災害的威脅也相對增加。農業是靠天吃飯的產業，但天氣的變化需仰賴氣象資料的蒐集研析。106與107年連2年6月豪雨事件，106年尼莎與海棠颱風，105年強烈寒流、尼伯特、莫蘭蒂、梅姬颱風等，皆嚴重衝擊台灣的農業生產。

國家災害防救科技中心 (以下簡稱災防科技中心) 參與農委會推動的「農林氣象災害風險指標建置及災害調適策略之研究」計畫，協助強化作物災害預警及農業災損通報體系的研發，在農業災損整合性通報平台建置部分，主要目標為配合重要作物生產區防災體系之建置，其中一項重要任務為提供重要經濟作物與主要栽培區域，在天然災害發生時，所需的各式觀測情資整合工作。

依據行政院農業委員會93至106年農業天然災害災損調查資料，台灣前三大主要農業災損類型為颱風、豪雨、低溫。此外，因氣候異常，106年與107年農業灌溉用水也發生供給短缺的狀況，嚴重影響農業生產。因此，災害訊息的整合研發工作，也特別針對此三大類天然氣象災害，以及水庫水情四種模組進行設計，希望藉由災防科技中心災害應變資訊加值與運用的經驗，能完整、精準地提供農業端需求的整合性災害資訊。

二、系統緣起與設計理念

農業災害情資網，是以災害情資網為基礎，針對農業端需求開發而成。災防科技中心於99年起運用網路及GIS技術開發相關系統，提供中央災害應變中心於災害應變期間使用，103年開始，災防科技中心與各部會合作，將複雜情資精簡轉化為易讀易懂的資訊，建置災害情資網，服務更多參與防災業務相關人員。

近年來，台灣因極端天氣而發生重大的經濟損失，根據過往經驗，農業天然災害情資整合不易，105年開始，災防科技中心與農委會合作，開發建置「農業災害情資網」(http://eocdss.ncdr.nat.gov.tw/web/ot/coa)，進行農業災害衝擊資訊加值。本系統第一年建置方向，為颱風情資監測功能模組之研發，針對農業需求端客製化、挑選其他基本災害情資模組；第二年則針對低溫寒害模組功能的開發，系統已於106年6月上線啟用，並於災害應變期間應用，未來將持續針對需求作修正，擴大推廣至農產業及相關單位使用。

三、使用情境功能介紹

農業災害情資網需要有網路連線，並建議以Google Chrome的無痕模式下瀏覽，本系統可觀看的功能眾多，涵蓋颱風、豪雨、低溫與水庫情資，本文以一般、颱風情境2種為例，簡單介紹數個入門頁籤功能及使用方式。

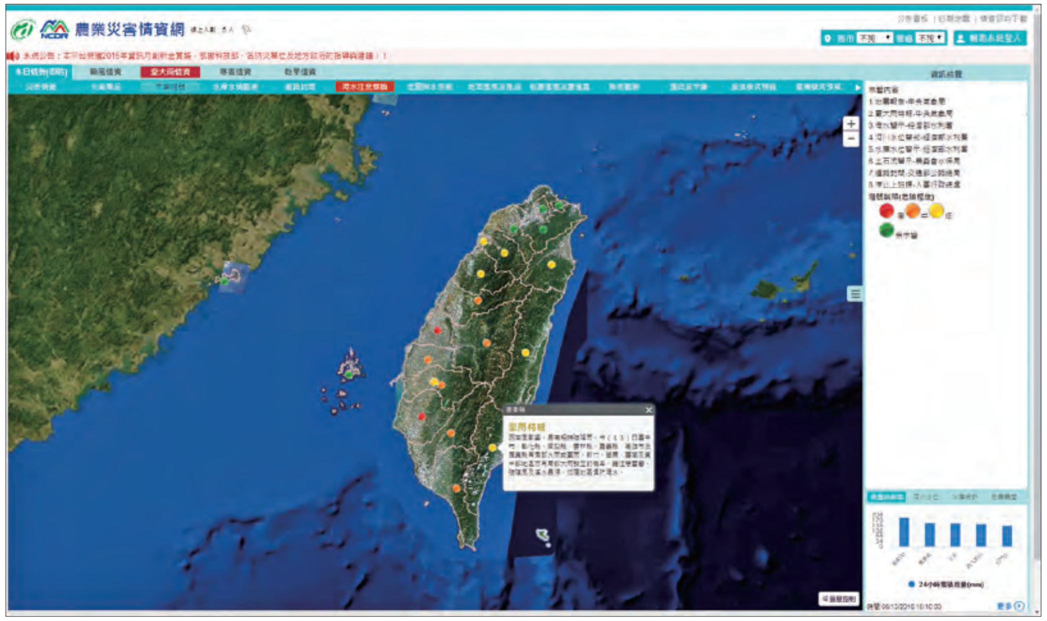
1. 一般情境

在平時進入系統中，可以選取主頁籤『本日情勢 (即時)』之下『災害情勢』子頁籤 (圖一)，利用右上方的縣市 (鄉鎮) 選單，可指定想要關注的地理區位，如

圖一、本日情勢 (即時) 頁籤-災害情勢

果沒有特別選擇，系統將呈現全台的統計資訊。在『災害情勢』的頁籤中，可獲得各種氣象、水文、坡地道路、空氣汙染的示警資訊，以及溫度、24小時累積雨量、風力、空氣品質等進一步的觀測值。系統將常用的資訊以圖卡方式整合在同一頁面，讓使用者可便捷的一次獲取所有即時情資。

此外，『示警燈號』也是相當實用的功能 (圖二)，示警燈號依不同顏色 (紅、橙、黃、綠) 可區分其嚴重程度，在地圖上每個縣市 (鄉鎮) 都會有一個燈號，使用滑鼠游標點選燈號，可顯示示警內容說明：地震報告、豪大雨特報、淹水警示、河川水位警戒、水庫水位警示、土石流警示、道路封閉、停止上班課等。

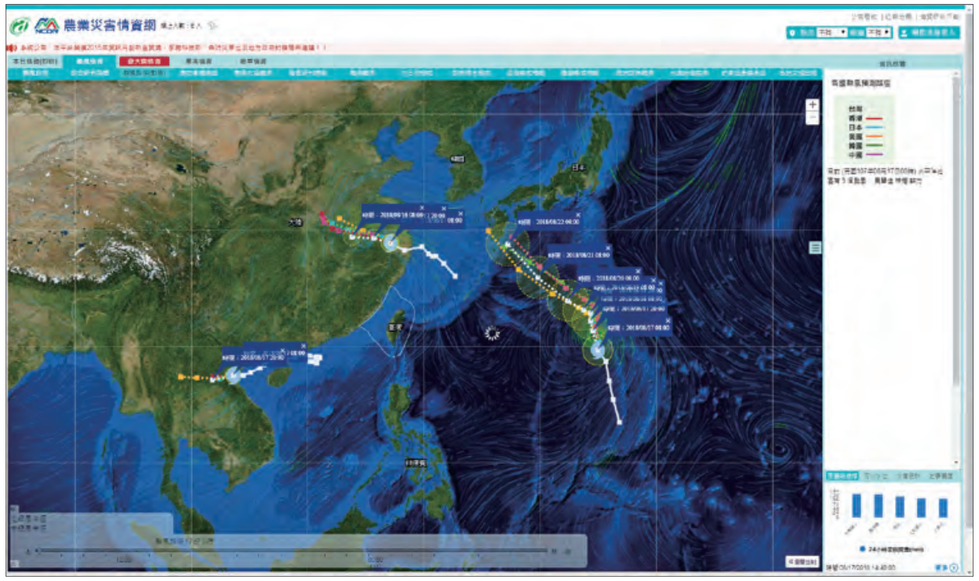


圖二、本日情勢 (即時) 頁籤-示警燈號

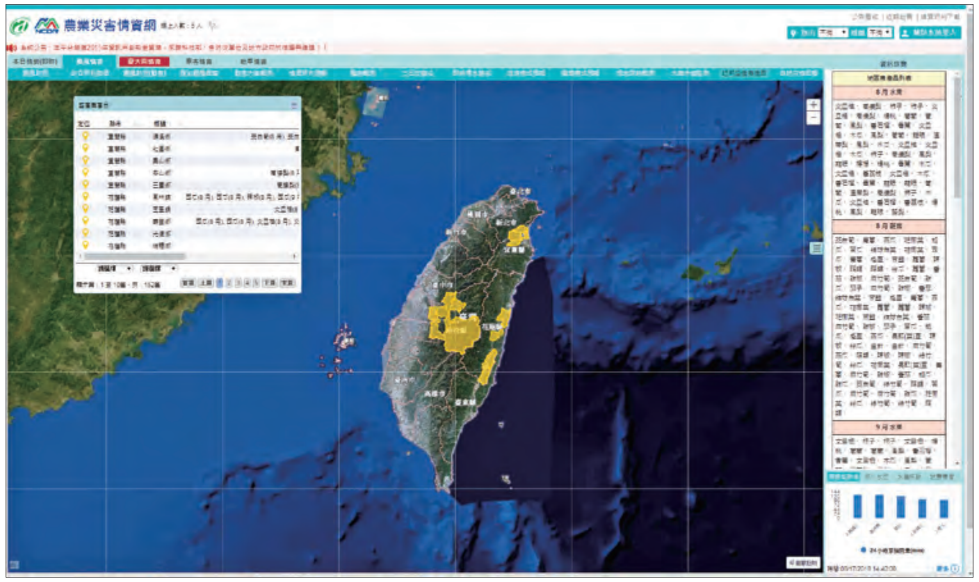
2. 颱風情境

當台灣附近海域有颱風生成時，點選主頁籤『颱風情資』下的『颱風路徑動態』頁籤 (圖三)，會顯示太平洋區域所有颱風的位置及路徑，以滑鼠游標點選颱風，會顯示颱風目前的風速、行進速度、與暴風半徑等訊息，除中央氣象局官方路徑預測外，系統也同時顯示各國的預報路徑作參考。

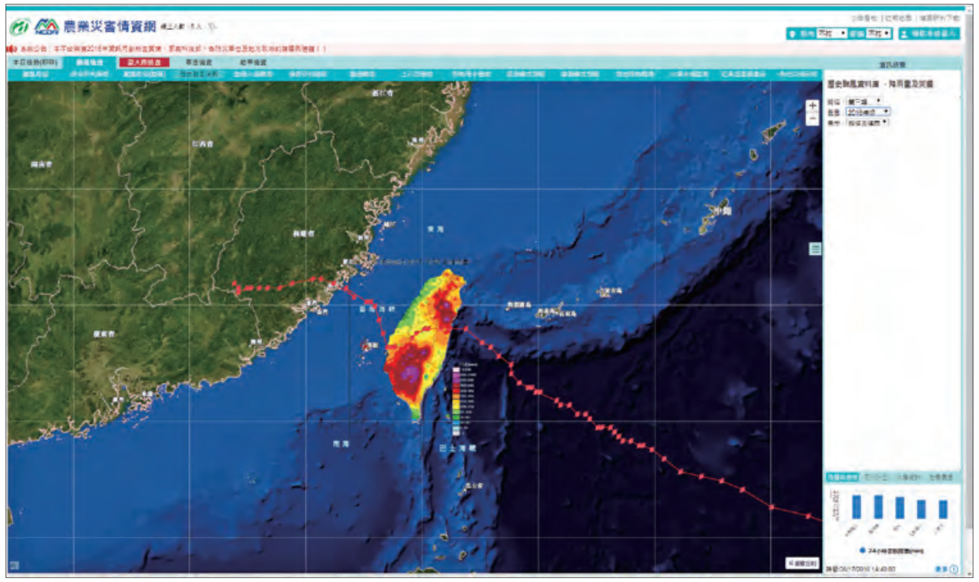
在掌握可能路徑之後，欲瞭解當季受影響的節令盛期農產，可參考子頁籤『近期盛產農產品』的訊息，此頁籤整合政府資料開放平台的農委會資料 (圖四)，讓使用者方便查詢目前月份別全台各縣市鄉鎮盛產的農產品項目。假使颱風可能威脅台灣，通常在此時間點無法獲得降雨的預報資訊，我們可先至『歷史颱風個案』(圖五)，在右方的選單，選擇中央氣象局定義的路徑類型，接著決定歷史颱風的個案，則可獲得該個案全台總累積降雨的分布、行徑路線，及各縣市歷史農損分布。



圖三、颱風情境-颱風路徑動態



圖四、颱風情境-近期盛產農產品



圖五、颱風情境-歷史颱風個案：路徑及降雨分布

圖六、颱風情境-情資研判通報

當颱風已即將侵襲台灣時，則可至『情資研判通報』參考官方最新的情資研判訊息 (圖六)，當中包含目前颱風動態、降雨預報、淹水、河川、水庫放水、土石流、公路及台鐵預警訊息。另外，假使想更進一步掌握縣市或鄉鎮的各種氣象、水文、坡地、道路、暴風半徑通過機率、示警燈號等資訊，可至『綜合指標

圖七、颱風情境-綜合指標研判

研判』頁籤 (圖七)，並利用右上方縣市 (鄉鎮) 選單選擇所在區域觀看，以利隨時掌握所在位置的災害預警訊息。

四、結論

災防科技中心希望透過政府跨部會資料的整合模式，提供一個專屬於台灣農業防災應變的工具，特別是在災害來臨時，能夠有效率且即時傳遞各式預警情資，因此開發農業災害情資網，供農業應變預警與決策輔助之用。本系統自106年6月上線，至今仍持續不斷蒐集回饋意見並修正其功能，使系統能更貼近使用者之需求，未來將持續提供服務與功能修正，期望這些整合性的災害加值資訊，能夠協助台灣農業對天然災害的風險掌握與管理。

五、參考文獻

1. 蘇文瑞、林祺岳、黃俊宏、楊鈞宏、周恆毅、張智昌、周學政、洪榮宏。2015。災害情資網之研發與應用。國家災害防救科技中心，NCDR 104-T13。
2. 徐永衡、蘇文瑞、李欣輯、陳永明。2018。農業災害情資網建置與推廣。國家災害防救科技中心災害防救電子報第150期。

農作物早期預警及推播系統介紹

■農業試驗所／呂椿棠・李亭儀・姚銘輝

一、前言

氣候條件對作物的生長發育過程有極大的影響，因此各種不利於農業生產的天氣現象，如乾旱、豪雨、冷害及風災等，皆稱之農業氣象災害。農業生產過程中氣象災害的發生，經常會導致作物顯著減產。另隨著全球氣候變遷，極端天氣事件發生越發頻繁，台灣無可避免地遭受氣象災害將增多，防災議題已成為政府重要施政項目。台灣每年平均農作物災損約50億元，民國105年因霸王寒流及多個颱風襲台，造成高達272億元的災損，如何減少災害損失是當前農業科技研發的重點工作。

防災首重準備，若能在災害來臨前，加以早期預警，可減少災害損失。目前農委會及所轄各區改良場，在氣象災害來臨前，會發佈警訊提醒農民注意，但缺乏系統性及即時通報系統。因此，農業試驗所研發「作物災害早期預警系統」(以下簡稱本系統)，整合農林防災計畫成果，建置針對作物生育特性，易致災生育期及其臨界氣象條件，配合已累積之長期作物災損及氣象資料，並與中央氣象局即時氣象資料及災害預報作業相結合，進行作物及氣象資料庫整合系統，針對各鄉鎮及重要作物生產專區主要栽培農作物，進行“週”時間尺度之作物災害早期預警，以提供農民平時氣象資訊及早期災害預警。

本系統作為整體計畫之服務平台，搜尋現有及各計畫所研發防災技術成果，建立各項作物之防災標準作業流程，以達到災害臨界條件之發生機率作為預報發佈指標。當達至臨界值時系統即發出訊息，宣導農民進行相對應之防範措施，利用不同傳播媒介，例如網路、廣播，line或App等媒體傳遞訊息，或由改良場、農會或產銷班，建立災害發佈及宣導機制方式，讓整體氣象預報更精緻化及專一化，有助於農業防災的推動。

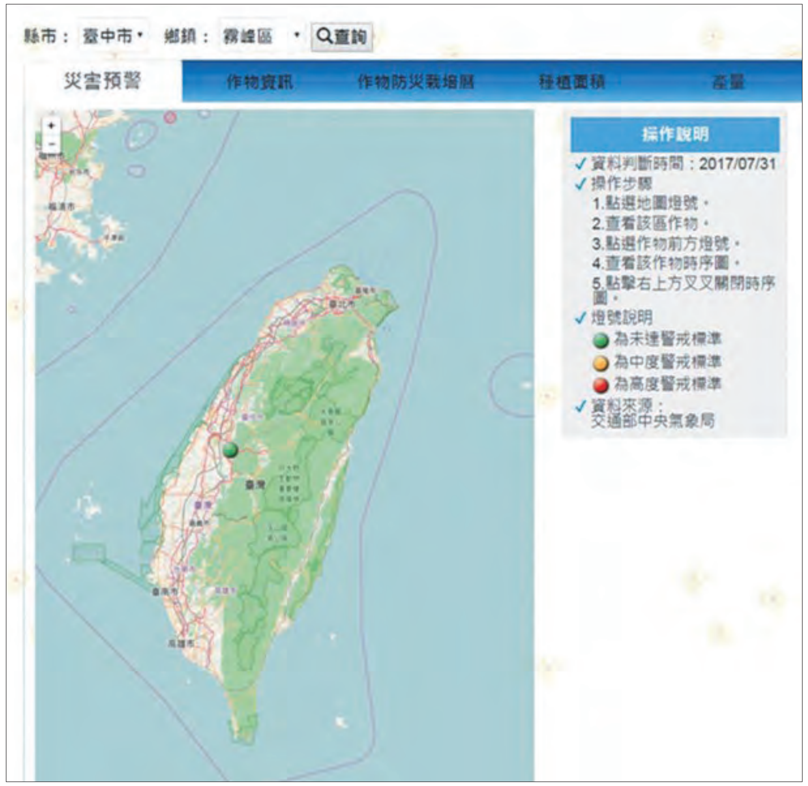
本系統已於107年5月正式上線對外服務 (http://disaster.tari.gov.tw) (圖一)；另提供手機APP版氣象致災通報，將即時氣象資訊與作物致災氣象臨界條件整合，透過手機主動推播給農民，提供農民災前防範參考，以減少災害損失。

二、系統服務項目

(一) 農作物災害早期預警資訊平台功能介紹

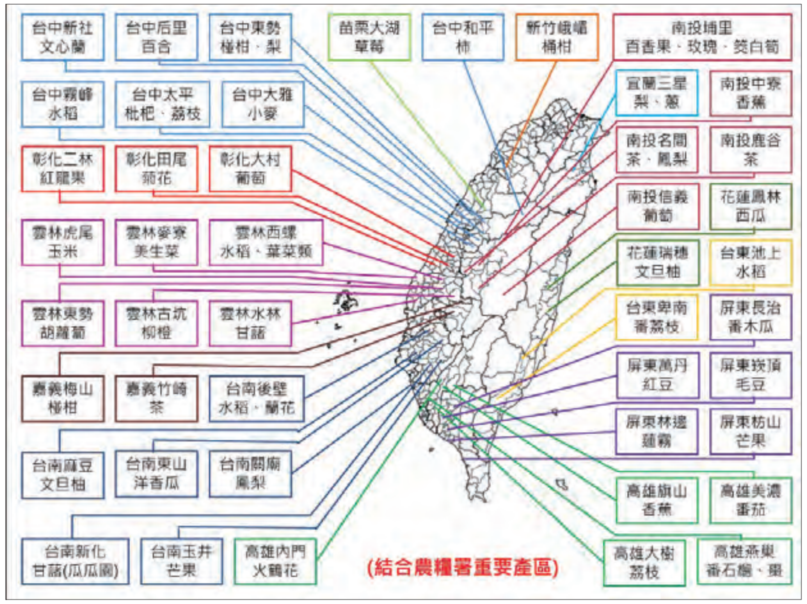
1. 作物災害預警：作物災害早期預警是本系統的核心項目，災害預警則須仰賴氣象預報資料的提供，目前中央氣象局預報，最小空間尺度為鄉鎮，因此將由各鄉鎮種植面積最多之五種農作物作為預報重點，預報時間尺度以“週”為單位，預報下旬作物可能發生之災害類型，同時結合作物防災栽培曆的作物致災條件資料庫，以自動判別作物在下周可能遭遇之災害作預警，以紅、黃、綠燈號作為災害發生可能性之指標，同時由各區改良場提供之防災作為建議，讓農民接受災害訊息後，了解如何因應以減少災損，形成完整災害預警及防範機制(圖二)。

圖一、作物災害早期預警系統首頁 (http://disaster.tari.gov.tw)



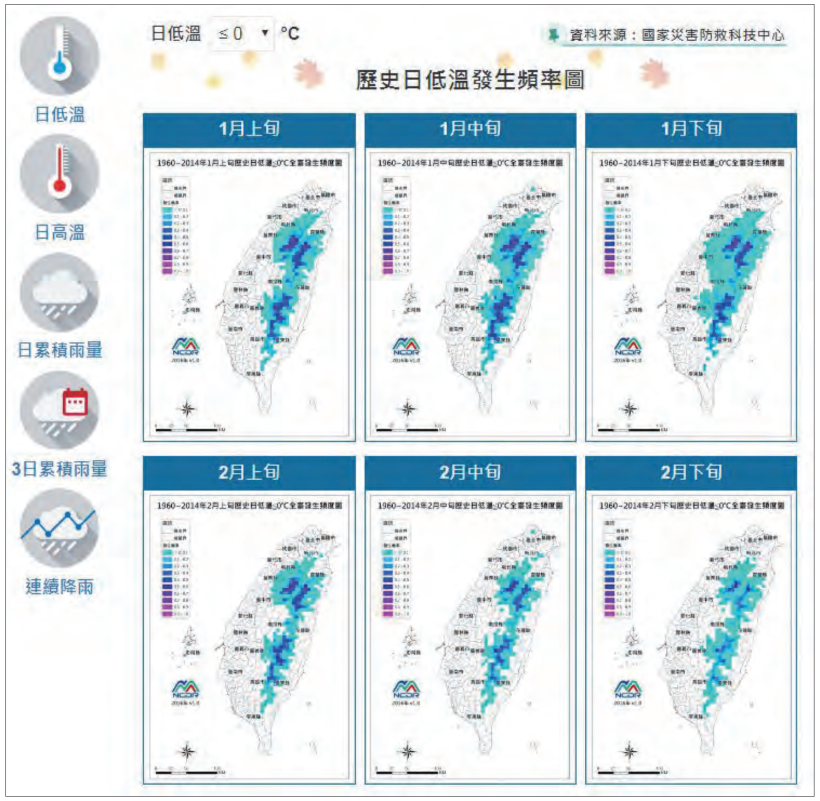
圖二、鄉鎮尺度之作物災害早期預警功能

2. 農業專區預警：台灣許多重要作物生產區常是跨鄉鎮，本系統依據易受災損或重要經濟產值為原則，標定57個重要作物生產區 (圖三)，依據作物生理特性標示致災臨界條件，並由中央氣象局提供該專區之精緻化氣象預報，依作物別，提供作災害早期預警功能 (圖四)，同時配合APP功能的開發，讓農民更輕易取得災害資訊，以進行防災作為。
3. 氣象災害發生率：台灣農業氣候圖資是中央氣象局利用長期氣象資料分析台灣氣候型態，包括月平均溫度及月降雨累積量。國家防救災中心提供以旬為單位之各項極端氣象變數發生機率圖資 (圖五)，包括日低溫 (0-20℃)，日最高溫 (33-37℃)，日累積雨量 (200,350,600毫米)，3日累積雨量 (50,100,150毫米) 及連續降雨日數 (5,7,10日)，這些圖資可供使用者參考。
4. 氣象資訊查詢：氣象資料查詢可依行政區域、重要地標、已知座標，或由Google map圖台查詢。就資料內容可分為歷史資料及即時資料兩部分，歷史氣象資料包括氣象局局屬站、自動站及一級站，提供統計性氣象資訊 (圖六)，包括：



圖三、55個重要作物生產專區

圖四、重要作物生產區之作物災害早期預警功能



圖五、不同農業災害類別之每旬發生機率圖資

圖六、歷史氣象資料及統計特性查詢功能

(1)時段統計：統計氣象站某一時段氣象資料，包括各項氣象因素之平均值、極端值或累積值。

(2)連續資料：利用統計圖呈現查詢時間之大氣壓力、平均溫度、平均濕度、平均風速及累積雨量等。

即時氣象資料包括農林防災計畫推動之農業氣象觀測網，更新或建置130個農業氣象站，截至106年底已建置100個測站，107年預計完成13個測站，108年完成17個測站，本系統提供各測站即時資料及過去兩週氣象變化曲線圖，也提供農業試驗所氣象測站過去歷史觀測資料。

5. 農試所觀測資料：提供農業試驗所觀測站之日觀測資料，可自行下載使用。

6. 廿四節氣：介紹二十四個節氣的原由 (圖七)。

圖七、二十四節氣之電子書

(二) 手機版APP功能介紹：於Android與iOS平台上使用 (圖八)

1. 推播功能接收設定：配合各農業專區災害推播警示訊息，避免手機使用者接收過多非必要訊息，提供使用者可針對不同農作物專區自行設定是否接收該專區警示推播訊息。

圖八、農作物災害通報APP二維條碼

圖九、農作物災害通報APP-警特報燈號

2. 氣象預報與觀測資料查詢：針對不同農業專區頁面，結合該專區氣象預報及觀測資料供使用者查詢，以利使用者針對天氣概況，作出相對應栽種或防範措施。
3. 單位換算：於手機頁面提供單位換算功能，使用者可針對不同單位進行離線轉換。
4. 警特報燈號顯示：依據中央氣象局發布之颱風、豪雨、低溫、強風等四類警特報 (圖九)，於手機頁面呈現最新警特報警示狀態。
5. 作物專區介紹：針對不同農作物專區，提供專區基本介紹 (圖九)。
6. 農作物專區災害燈號預警：依據中央氣象局發布之一周預報資料與農業專區不同災害類型警戒範圍，以紅黃綠燈號呈現各災害警戒狀態 (圖十)。
7. 農作物專區災害防範建議：於手機頁面呈現農作物專區不同災害之防範訊息，以供使用者可做出相對應防範措施 (圖十)。

圖十、農作物災害通報APP-柿專區警示燈號

三、結論及展望

面對全球氣候變遷與近來驟烈天氣變化的發生頻率提高，不管是露地或溫網室作物的栽培都面臨極大的挑戰。利用現今ICT與IoT科技的發展，並整合過去與現今的各種作物災害研究資料，建立一套兼具垂直與平行的農作物災害預警平台，透過網頁瀏覽器與APP的推播，各作物推廣人員的現地講解，讓作物栽培農民都能方便取得即時的氣象資訊，便於田間工作管理規劃與災害來臨前的防範措施作業。作物生產的獲利除了產量與品質外，如何提早獲知近期天氣變化與可能的致災氣象，將其運用在田間工作排程規劃與強化防災措施準備，以期降低人力成本與災害損失，此才能提升農作生產的獲利空間，也有助於吸引年輕世代投入農業，維持國內的農業生命力。

無人機 (UAV) 協助農損勘災－加速災後救助流程與復耕

■農業試驗所／周巧盈・巫思揚・陳琦玲・郭鴻裕
農業試驗所嘉義分所／蔡惠文・吳永培
苗栗區農業改良場／張雅玲

一、前言

針對天然災害造成的農損，除了防災減災技術發展外，如何加速災害判釋與救助流程，協助農友儘快復耕亦相當重要。近年來國內外無人機 (Unmanned Aerial Vehicles, UAV) 拍攝技術發展成熟，應用此項技術可突破空間障礙與快速紀錄等優勢，可加速農作災損勘災及縮短人力勘災所耗費的時間，並可提供農業保險相關政策之擬定。農委會亦於106年5月修訂『農產業天然災害救助辦法』，提出農產業災情實地勘查認定，可以攝影、照相或數位化工具先行影像存證，另得以科技工具輔助勘察。因此，現場災損情形可透過UAV航拍影像分析後所產生的地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 災損判釋成果，提供農損查報所需之空間輔助圖資，協助地方人員進行勘災作業並加速災後復耕。

二、UAV的特色與應用

無人機具有快速、解析度高與不受雲層影響等遙測航拍的優點。當天然災害發生時，能夠針對特定的受災地點與作物對象，進行即時的航拍任務。目前市面上定翼型無人飛行載具一天可完成1,000公頃以上之影像拍攝 (地面解析度約5公分)。另外，透過搭載不同性質、不同等級之感測器，如可見光、多光譜、高光譜等影像感測器，或是雷達-LiDAR、光達-RADAR等遙測感測器等，能偵測到多樣的地貌與特定的研究對象。國際上無人飛行載具應用在農業災害監測與勘災上，主要針對大面積且具高經濟效益的農作物，像是歐美農莊的葡萄園、玉米田、小麥田、咖啡園、茶園等，能夠快速且有效率的掌控作物災害範圍、擴散情形，以即時監控，減少損失。另外，也有許多應用在森林火災、病蟲害、山坡地崩塌等監測與勘災上的案例。因此，無人飛行載具具有應用在不同作物監測上的發展性，能夠因應不同規模、尺度的經營環境，以迅速提供航拍影像在進行災損判釋與分析所需的空間圖資。

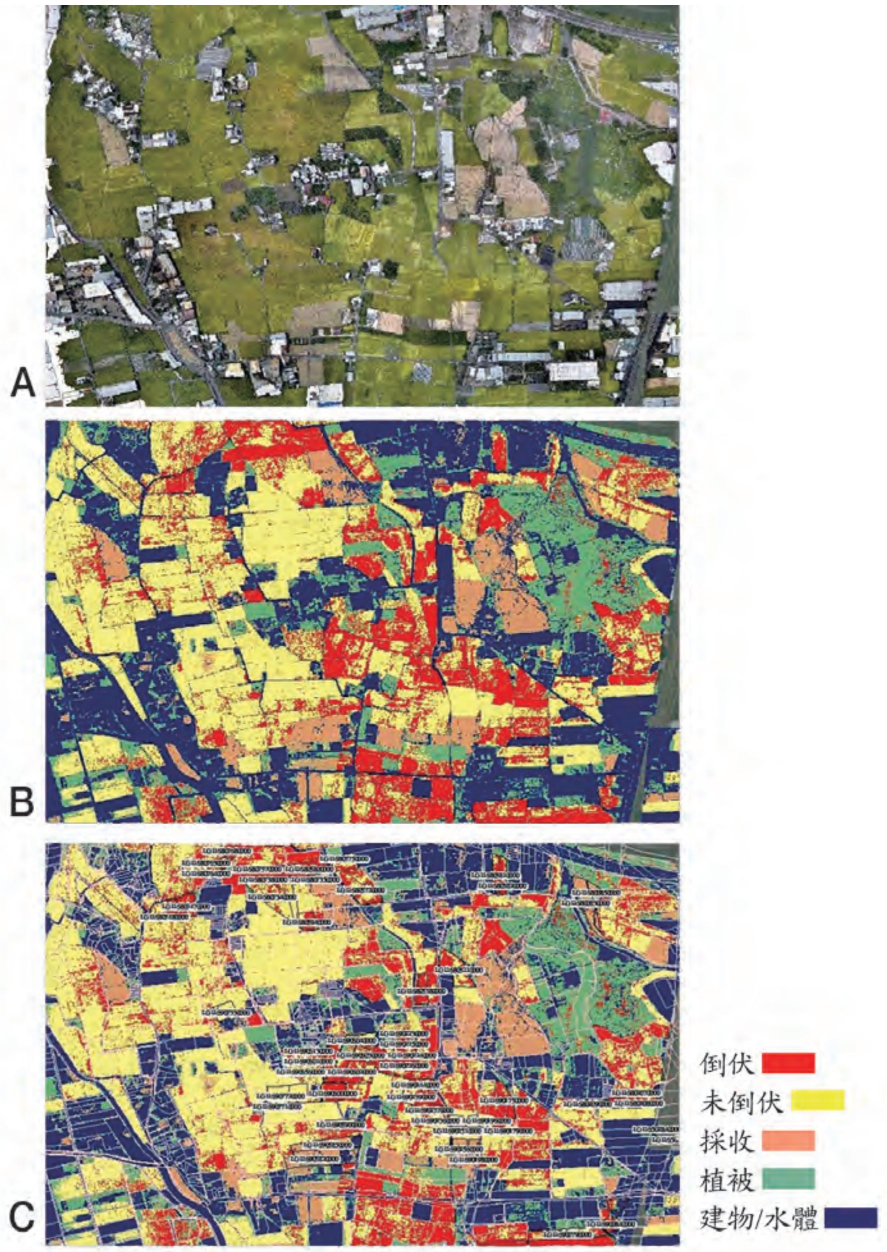
三、UAV於農損判釋之應用

農業試驗所自105年起，應用無人飛行載具進行農作物災損監測與勘災技術之研發，105～107年針對尼伯特、莫蘭蒂、梅姬、尼莎暨海棠等颱風、梅雨季的連續超大豪雨與寒害所造成的災害，進行災損航拍作業，主要針對台中地區水稻、台東地區番荔枝、高雄地區香蕉、屏東地區蓮霧、芒果與木瓜、宜蘭地區青蔥、文旦與番石榴、中部地區高接梨等作物。其中，透過影像判釋的分類技術，進行作物災損之範圍與受災程度之辨識；並透過物件導向分類技術，進行落果、落葉與樹冠變化之辨識。

目前已完成12種作物/果樹之災損UAV空拍作業與航拍影像災損判釋之初步分析，其中針對水稻與香蕉受颱風侵害，所造成的大面積倒伏判釋成果最佳。水稻倒伏透過影像監督分類法進行判釋並套疊地籍圖 (圖一)，能快速掌握災後作物災損面積與情況，目前災損影像比對地面查核之水稻倒伏，以損失率達20%為基準 (災損救助核定門檻) 進行抽樣，其影像災損判釋率可達到9成以上。香蕉受災影像的判釋，目前依據影像非監督分類，透過香蕉作物的光譜特性，可將其星芒狀葉片與週圍的環境組成加以區分，災損影像與地面查核比對 (以損失率達20%為基準進行抽樣)，其影像災損判釋率約85% (圖二、A1, A2)。另外，高接梨 (圖二、B1, B2) 與番石榴 (圖二、C1, C2) 的套袋影像計數與人工計數比對，其判釋準確率約為80%。研究計畫將持續發展依據影像光譜、地表紋理與空間幾何性之分類技術，同時，針對不同農作物災損之UAV影像判釋，需發展不同的技術，以提高作物災損判釋的準確性。

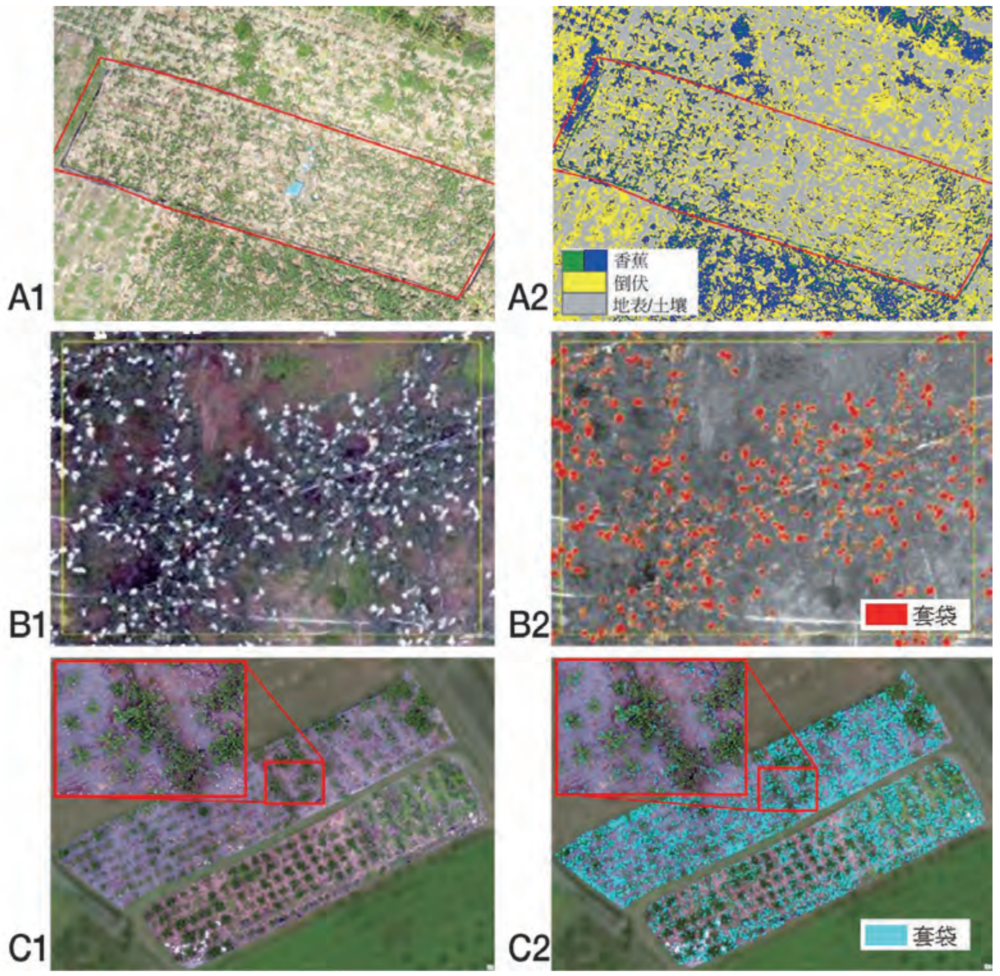
四、UAV航拍影像於現地勘災之應用

107年6月台灣南部與東部地區受到西南氣流影響，豪雨造成屏東、高雄、台東等地區的農業災情，受損作物以水稻、香蕉、木瓜、西瓜與鳳梨較嚴重。本研究針對台東縣鹿野鄉與關山鎮進行4個架次航拍，共計約600公頃之水稻倒伏災情拍攝，另針對屏東潮州、佳冬、林邊等地區進行3個架次航拍，共計約130公頃之香蕉災情拍攝。完成災損影像拼接與地籍圖套疊，並依據地籍地號產生水

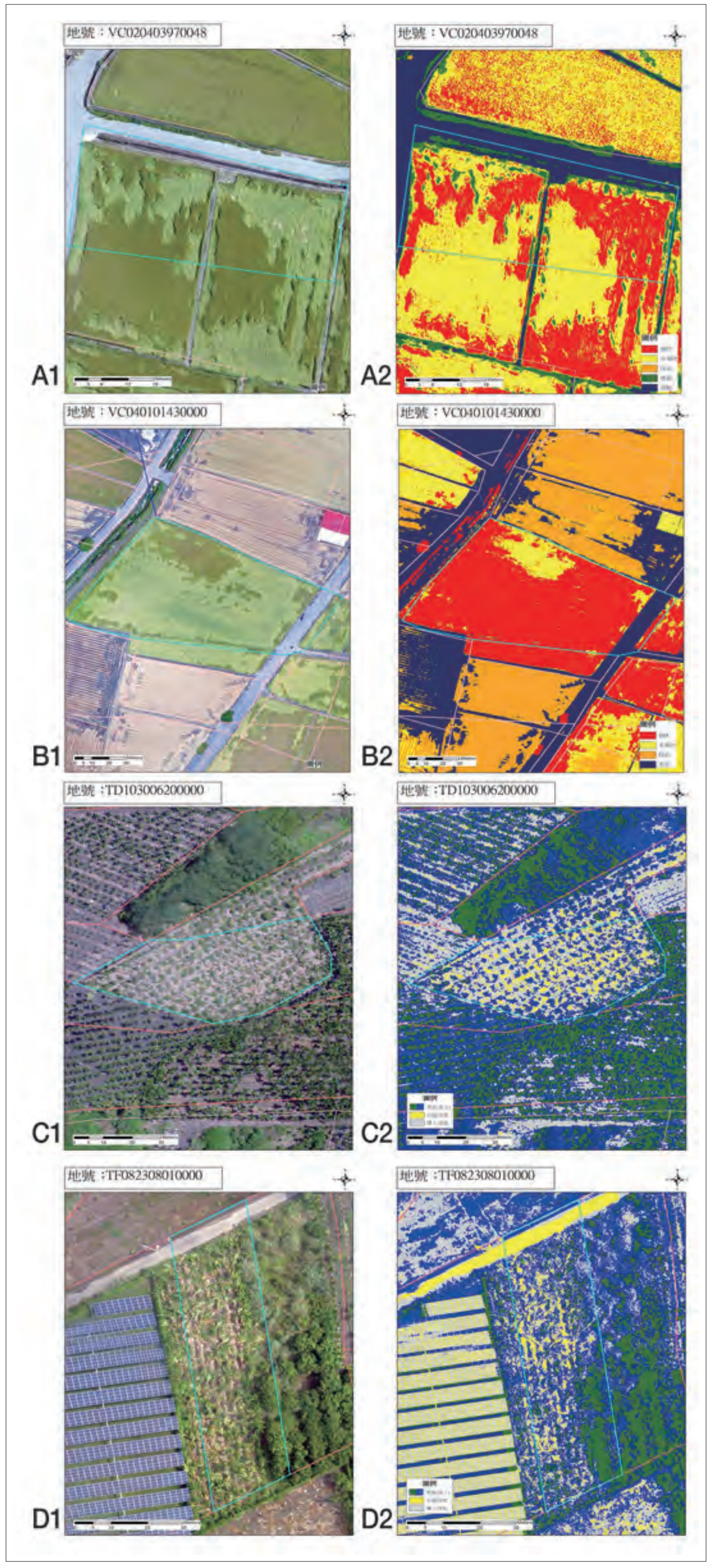


圖一、106年6月初連續大豪雨於台中市霧峰區五福里之水稻倒伏情形
(A：航拍影像；B：水稻倒伏影像判釋成果；C：災損判釋套疊地籍圖)

稻災損判釋之輔助圖資共計641幅圖、香蕉災損判釋之輔助圖資共計115幅圖，並將圖層上傳網路雲端分享 (https://goo.gl/m7MTUE)，提供縣市政府與鄉鎮公所在進行現地勘災時，判釋水稻倒伏與香蕉傾倒之空間輔助圖資 (圖三)。現地使用圖資者表示航拍影像能清楚判定倒伏的位置及面積，這對明顯超過30%或小於10%災損的土地可以減少勘查時間，僅需針對影像判釋之災損嚴重度較輕者 (>10%～<30%)，再進行現地人工災損核定作業。透過層次分工的概念，以加速災損查核並減少人力需求。



圖二、災損影像判釋分析成果 (A1：香蕉災損航拍影像；A2：香蕉災損影像判釋成果；B1：高接梨災損航拍影像；B2：高接梨災損影像判釋成果；C1：番石榴災損航拍影像；C2：番石榴災損影像判釋成果



圖三、
107年6月中豪大雨於台東地區水稻與屏東地區香蕉災損影像判釋輔助圖資(A1：台東鹿野水稻災損航拍影像、A2：台東鹿野水稻倒伏影像判釋成果；B1:台東關山水稻災損航拍影像、B2：台東關山水稻倒伏影像判釋成果；C1：屏東林邊香蕉災損航拍影像、C2：屏東林邊香蕉傾倒影像判釋成果；D1：屏東潮州香蕉災損航拍影像、D2：屏東潮州香蕉傾倒影像判釋成果)

五、UAV航拍範圍與成本評估

航拍與影像災損判釋所需花費的人力、經費與時間，依據不同的範圍 (包含小面積、村里、鄉鎮與縣市等不同規模)，評估概略詳如表一。

1. **小面積 (50～100公頃) 的作物勘災：**以人工現地勘災的方式較符合經濟效益。

2. **小區域-村里 (500～1,000公頃) 的勘災作業：**雖然航拍災損判釋所需花費的經費較高，但透過一組工作團隊，可於7天內提供災損判釋輔助圖資；人工現地勘災花費雖較少，但透過三組人員仍需花費10～20天的時間才能完成勘災工作。因此縮短勘災時程，建議透過UAV航拍協助勘災作業。

3. **中尺度-鄉鎮 (3～5千公頃) 的勘災作業：**航拍災損判釋與人工現地勘災所需的經費相差不大，但前者只需透過一組工作團隊，即能在10～14天內提供災損判釋輔助圖資；相對來說，後者若透過10組人員仍費10～20天的時間才能完成勘災工作。因此，為提高勘災成效，建議透過UAV航拍協助勘災作業。

表一、無人機航拍災損判釋與人工現地勘災成本比較

類別	項目	小面積 50-100公頃	小區域-村里 500-1,000公頃	中尺度-鄉鎮 3-5千公頃	大範圍-縣市 5-10萬公頃
坵塊		0.1-0.2	1-2	6-10	100-200
人工 現地勘災	經費(千元) 時間(天) 作業組數	3.5-7 3-7 1組人	35- 70 10-20 3組人	200-350 20-30 10組人	3,500-7,000 15-30 20組人
航拍 災損判釋	經費(千元) 時間(天) 作業組數	30-50 3天 1組人	50-100 5-7天 1組人	200-300 10-14 1組人	2,000-7,000 10-14 10組人

備註：

人工現地勘災：(1)35元/坵塊，(2)1組：1-2人，30坵塊/天/人，(3)未計入人員薪資。

航拍災損判釋：1組：2-3人，包括航拍與影像處理判釋人員。時間與經費之估算－以目前農試所UAV研究團隊之工作能量為標準 (航拍成本估算：7,000元/100公頃、600公頃/天；災損判釋成本約總經費之20%)。

時間估算：以天氣狀況與條件符合UAV航拍的情形。

4. 大範圍-縣市 (5～10萬公頃) 的勘災作業：航拍災損判釋與人工現地勘災所需的經費相差不大，依據現地狀況而有經費上的差異。但因航拍面積超過1萬公頃，對於UAV航拍的工作量來說，已非最適狀態，建議可採用燃油型UAV或有人航拍機進行災後勘災作業，透過航拍影像災損判釋，以最精簡的人力與最短的時間內，提供勘災所需的空間圖資。

從表一、亦可比較UAV航拍災損判釋與人工現地勘災兩者間的成本差異。然而目前UAV航拍影像僅為輔助工具，仍需人工現地再做確認，因此取得UAV影像之作業成本，並不能完全取代人工現地勘災支出，但藉效率提升可降低其花費，並加速勘災。

六、結語

現行農業天然災害查報流程，農民需於災害發生後，主管機關公告災損申請時期內進行申報，申報後由農政人員進行現場損害調查。如能於公告7日期間完成航拍與災損影像判識，並提供農政人員於現勘前瞭解情況，可加速災害補助之流程，並減輕第一線農政人員負擔。目前鄉鎮級之水稻及香蕉災損影像判釋可於災害過後天氣穩定後的2～3日內完成災損影像拍攝與拼接，完成後4日內可產製災損報告，包括提供第一線農政單位參考。

未來若能再透過GIS影像分析與影像處理系統的開發，增加無人機航拍影像的光譜分類、物件辨識與地面紋理分類的運算能力，可望能針對不同作物進行災損影像判釋，產出農損面積估算與農損嚴重度圖資，提供農損查報所需之空間輔助圖資，協助地方人員進行勘災作業並加速災後復耕。

另一方面，UAV的技術發展會越來越成熟，因此應用在農業災害的監測及勘災上，將會越來越廣泛，且UAV的操作門檻與成本需求會越來越降低。同時，UAV航拍影像的分析與判釋能力，經過持續的研究與努力，將會累積足夠程度的影像光譜資料庫，以反應各種作物在不同生長期背景條件下，災後的影響程度，使UAV影像判釋成果能協助農業災損判釋與嚴重程度之標準制度的建立。未來，UAV在農業災損影像之分析與判釋上，將以全面自動化為發展方向，以立即掌握災後農損情形，提高政府與農民的應變效率。

台灣重要經濟果樹防災栽培曆之應用

■國立中興大學園藝學系／林慧玲．倪鈺林．吳承軒

一、前言

氣候變遷已造成台灣連年重大農損，105年台灣重要經濟果樹：梨、葡萄、甜柿、澀柿、桶柑、文旦柚、蓮霧、鳳梨、荔枝、芒果、番木瓜、番石榴、番荔枝、紅龍果等果樹，因遭遇天然災害所造成的損失，估計有20萬公噸，損失金額高達86億餘元，顯示出加強果樹作物防災、減災工作與策略研擬的必要性。

本計畫擬以重要經濟果樹為對象，統整歷年造成重大農業損失之天然災害資料，建立各類果樹災害別資料庫，分析氣象資料與災害程度資料之相關性。並測試果園即時氣象監測系統，同時建立各果樹之防災栽培曆，蒐集彙整各果樹之逆境生理指標。

二、建置經濟果樹防災栽培曆

1. 建置經濟果樹防災栽培曆及一般栽培曆，包括梨、葡萄、甜柿、澀柿、桶柑、文旦柚、蓮霧、鳳梨、荔枝、芒果、番木瓜、番石榴、番荔枝、紅龍果等重要果樹，其中防災栽培曆，內容包含節氣、生長階段、臨界致災條件、防減災策略等資料，提供農業試驗所建立雲端監控及即時預報系統，透過手機，可有效率提供栽培者，掌控災害訊息即時因應，而達防災、減災之效益。
2. 建立果樹之災害別資料庫，包含豪雨、颱風、寒害、霪雨等及其他環境逆境，並完成果樹災害類別與作物受災損程度相關性分析，果園微氣候監測，完成架設與雲端連結及程式設定等。
3. 蒐集果樹逆境生理指標，提供災害判定之參考客觀指標。

茲簡介各作物之防災栽培曆及一般栽培曆之內容及參考資料，防災栽培曆包含作物生育週期、生育階段、主要管理事項、常見災害、臨界致災條件、防災、減災及復災技術。一般栽培曆則以肥培管理、常見病蟲害為主軸，與一年十二個月份連結，使用者能方便查詢，並針對生育階段及節氣，擬定作物栽培操作模式

及規劃，並可得知各種災害之預警條件、防範措施、及災害復原方法及後續栽培管理要項等。

重要經濟果樹依生產季節可分為具明顯生產季節、周年生產及產期調節之果樹。以具明顯生產季之芒果為例，芒果主要天然災害在每年1～2月，小花分化期、開花期及著果初期，易面臨溫度異常情況，預警溫度分別是低溫小於15℃或高溫大於38℃，低溫易導致花穗抽生延遲、花粉活力下降、降低昆蟲授粉率、開花而不結果；開花期異常高溫熱風，易使花穗授粉、著果不良而產生無子果。防範措施為強健植株樹勢、建立防風圍籬、飼養授粉昆蟲、加強噴水與田間灌溉、裝設灌溉系統。災害復原方法為摘除花穗，促使萌生二次花 (改良種：例如愛文、凱特、聖心)，定期噴水或灌溉。6～10月則有颱風之憂，強風使果實擦壓傷、套袋破損、落葉、植株倒伏、沿海地區易發生鹽害。若發布陸上颱風警報，需加強防風設施、修剪、幼株加立支柱。災害後復原可剪除受損枝、清園；全園加強噴施殺菌劑，減少病害之發生。適度扶正、加立支柱，加強肥培，促進恢復生長 (圖一)。

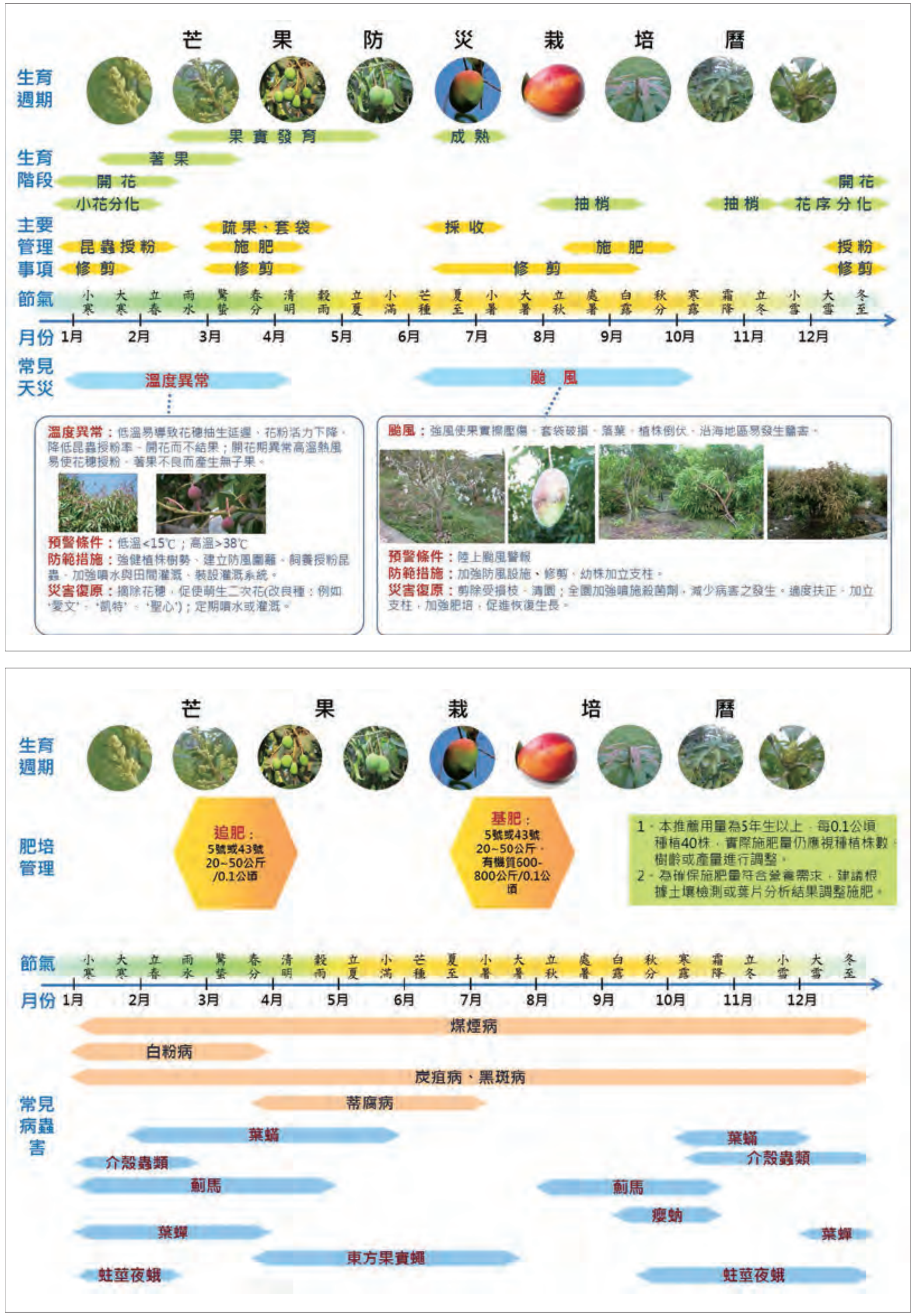
周年生產之果樹如番石榴，每年12月至隔年1～2月遇寒害，會使新梢生長停滯、葉片紫紅、果實表皮受損出現紅點、花粉發芽率下降。預警條件為氣溫小於15℃，以調整留果數，提早施用鈣、鉀肥為防範措施，災害後減少留果數，減輕樹體負擔；輕度修剪，加強肥培，促進樹勢恢復。5～6月常遇豪雨，導致授粉不良、落花、落果及果實生育停滯，果實病害增加，果園長期積水，根系受損，植株生育不良。預警條件為日雨量大於200毫米，防範措施為排水設施、調節產期，災害後排除積水、清除病果，加強病害防治與肥培，促進新根、枝梢生長。7～9月則可能會有颱風、豪雨、焚風等災害，強風造成枝葉斷損、倒株、果實擦傷、落果；豪雨導致果園積水，根系受損，病害增加；焚風造成授粉不良、葉片焦枯。預警條件為最大平均風速大於每秒8.5公尺或瞬間風速大於每秒15公尺；日雨量大於200毫米；氣溫大於37℃，防範措施為排水、防風設施、減施氮肥、噴水、調整產期，災害後排除積水、倒伏輕微植株適度扶正固定，並修剪枝葉減少蒸散；修剪斷枝，清除病果，加強病害防治；加強肥培，促進樹體恢復 (圖二)。

產期調節之果樹如蓮霧，在每年12月至隔年2月，主要天然災害為寒害，葉片寒害呈水浸狀、葉色轉紅、黃化、落葉。催花後兩週鏢形期對低溫較為敏感，豆粒期後對低溫耐受性較高；胚仔期遇低溫則發生裂果及近果蒂端果皮褐化徵狀；果實發育期以紅頭期對低溫較敏感，易發生落果及果皮凹點之寒害徵狀。預警條件為氣溫小於10℃持續數小時，防範措施：全園浸水、樹頂噴霧、設置防風網、葉面營養補充 (溫度過低時效果有限)。災害後儘速採收仍具商品價值之果品，避免回溫後持續劣化，視落葉情形減少著果量，為避免落葉後大量抽梢影響果實品質，噴施高磷鉀控梢。4～9月則易遇豪雨及颱風，豪雨導致果園淹水，葉片或果實泡爛；根系受損後葉片黃化及落葉；病害增加、豆粒期花蕾生理性斑點。預警條件為雨量大於每小時50毫米，防範措施為高畦栽培、保持排水通暢、汛期避免施重肥、搭建果園周圍防水堤與抽水機，低漥地區採用草生栽培增加土壤通氣性。花蕾期加強鈣肥補充與炭疽病防治。災害後利用抽水機加速排除積水，浸水後採葉面施肥並加強病害防治，促進新根、新梢恢復成長。颱風之強風使枝條折斷、葉片破損、植株傾倒；落花、落果，花蕾或果實擦傷；遮光網掀開或破損。陸上颱風警報為預警條件，防範措施為果園空曠面搭設防風網，幼株主幹以支架固定，適當修剪控制株高，並疏剪減少風阻；颱風來襲前卸下遮光網。災害後儘速修剪斷枝，扶正植株並修剪枝葉減少蒸散量；加強病害防治；重新覆蓋遮光網，若枝葉受損嚴重，則重新修剪培養整齊新梢後再進行催花 (圖三)。

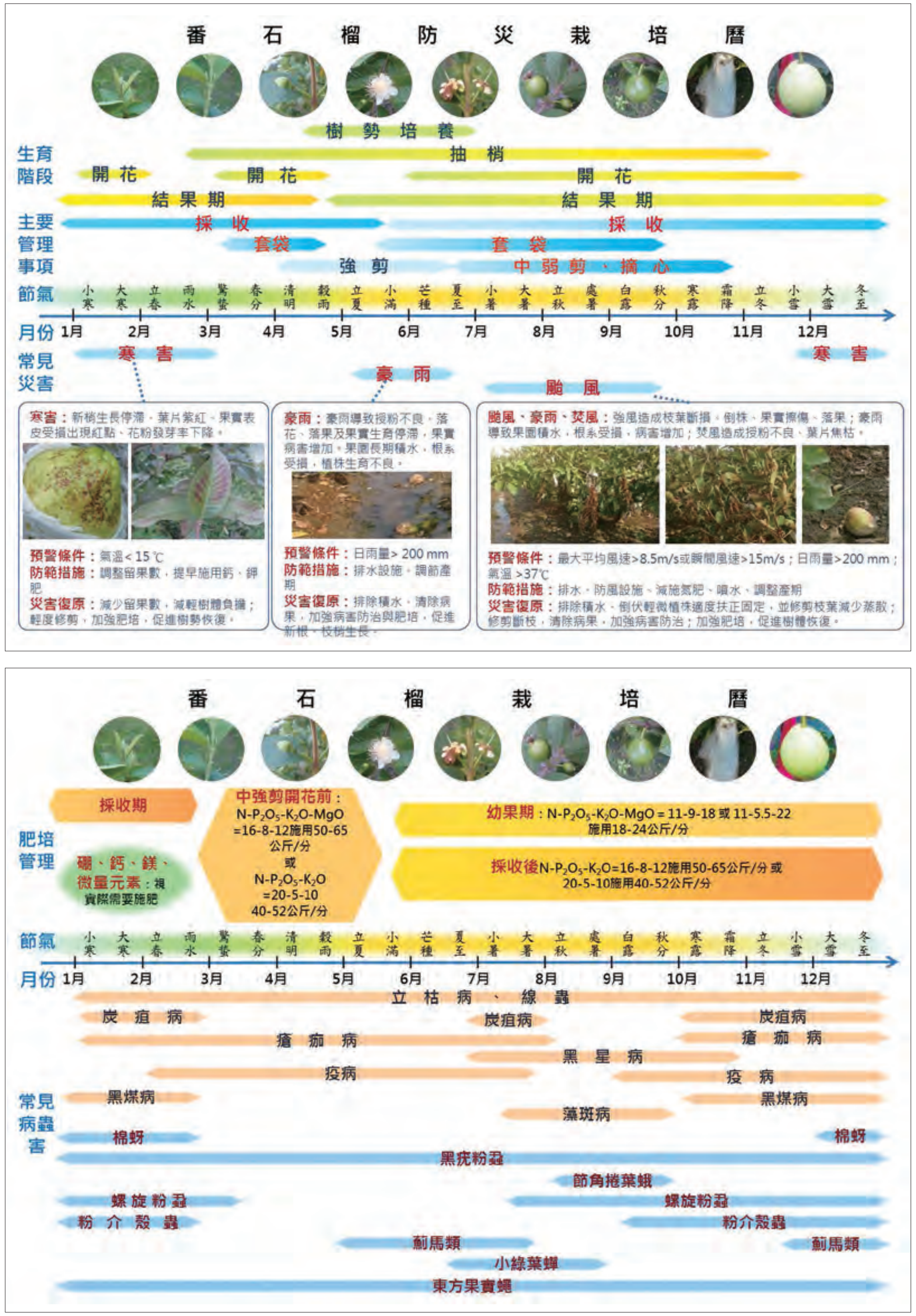
本計畫也建立了各果樹的逆境生理指標，蒐集國內外參考文獻，並以寒害、熱害、水分逆境為主軸進行整理，另外也有各類作物品種間之比較。根據逆境生理指標表可以查出，如芒果於氣溫小於15℃時，會抑制芒果花粉管萌發，氣溫小於6℃，花穗受寒害；而氣溫大於25℃則不利花芽形成，若開花期缺水，花穗長度變短、花序上小花減少、落花，淹水則樹幹皮孔開始增生 (表一)。番石榴於氣溫小於15℃或氣溫大於37℃時，花粉萌芽率會降低，影響授粉；番石榴之永久萎凋點為土壤水勢-71KPa (RWC 24%)，葉片水勢為-2.9MPa (RWC 81%)；而淹水會導致葉片黃化、大量落葉、新葉畸形壞疽、葉與花芽生長延遲並停止，淹水30天，植株死亡率達67% (表二)。蓮霧在分粒期、黑丕期、紅頭期和成熟採收期氣溫小於7℃，花蕾及幼果將受寒害而落果，生長期氣溫小於10℃，常導致落果及裂果、果實表面斑點；氣溫大於30℃，蓮霧果皮著色不良、落葉及落果；雨災害會引發裂果、病害及開花結果障礙；蓮霧遭受旱害時，主要產生落果、落葉及裂果等症狀 (表三)。

三、結語

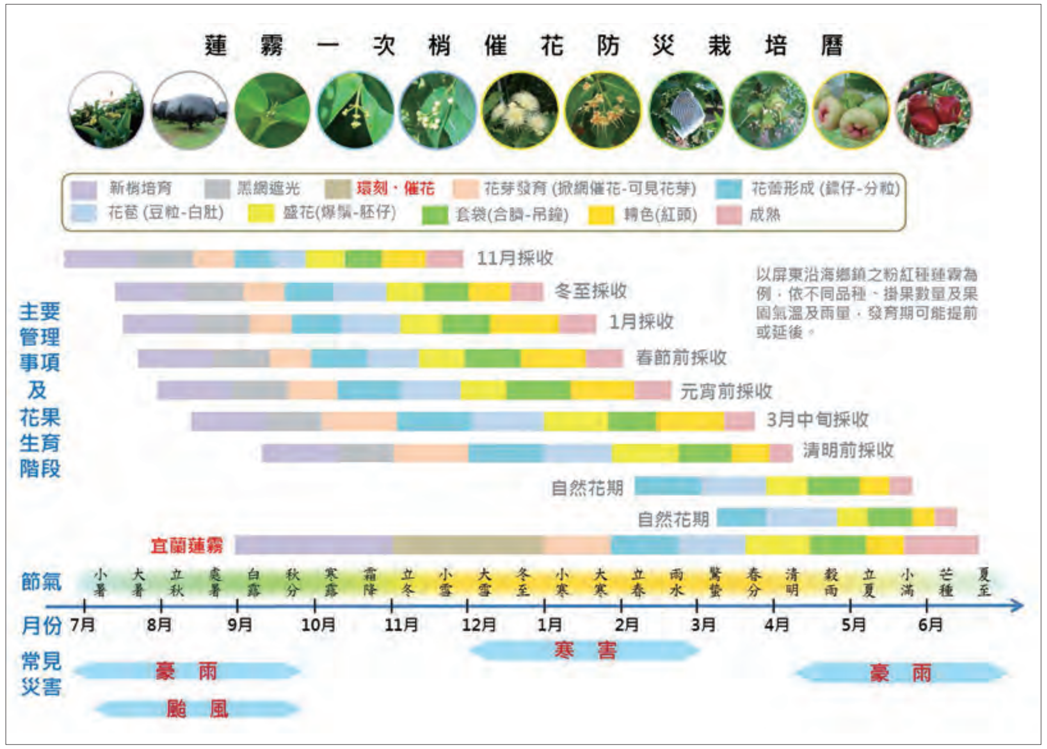
以上各式果樹防災栽培曆及一般栽培立即生理指標等表格，皆可讓農民及使用者簡易查詢所需資訊，研究成果能進行災害預警，可事先防備並減緩災害對作物之影響，在防災、減災、復災上提供有效之參考依據，以減少農業損失，增加農民收益，使農業邁向科技化，達精準農業之目標。

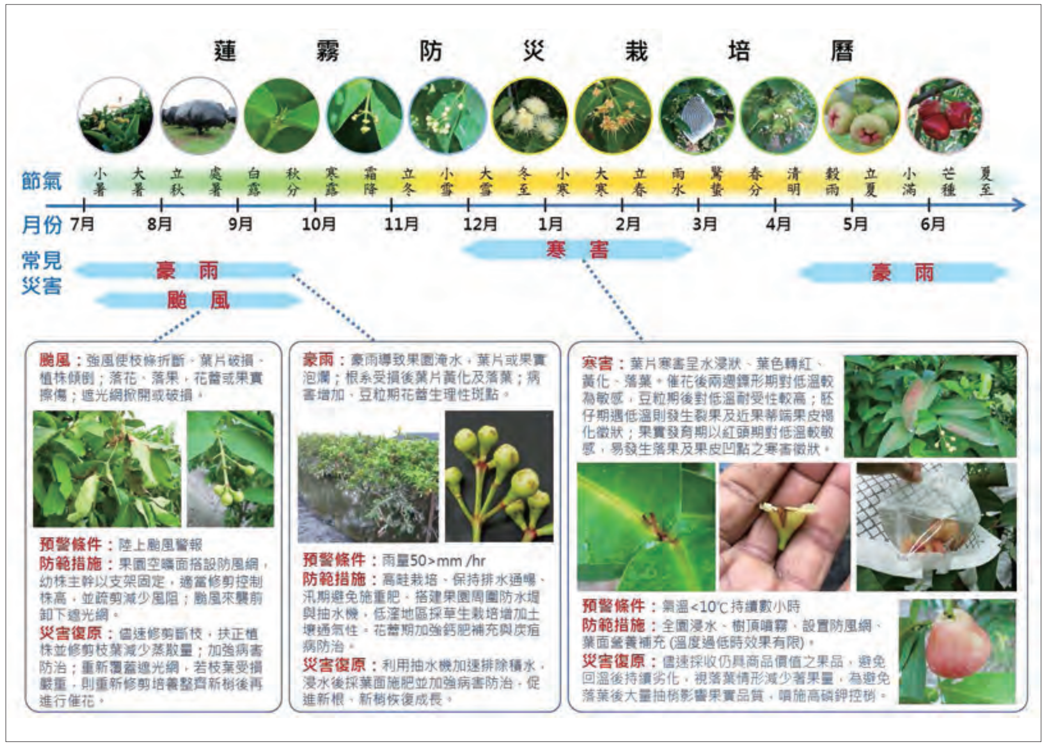


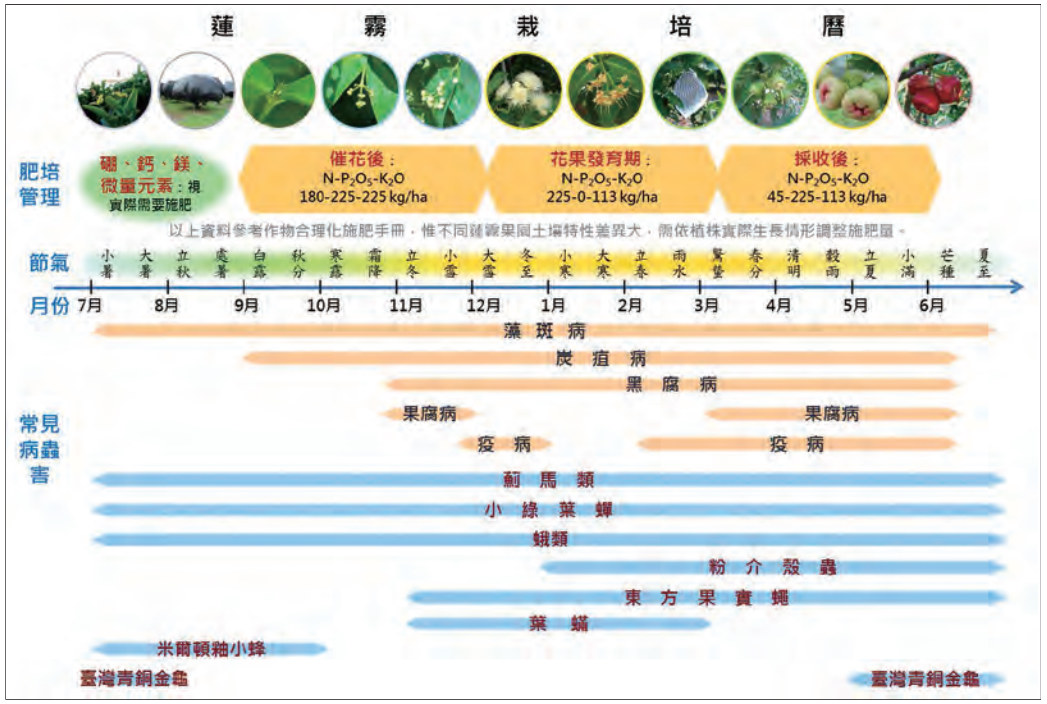
圖一、芒果防災栽培曆及栽培曆



圖二、番石榴防災栽培曆及栽培曆







圖三、蓮霧防災栽培曆及栽培曆

表一、芒果逆境生理指標

芒果逆境生理指標			
指標項目	指標值	生理描述	Reference
寒害	氣溫<1℃	幼齡樹會遭傷害，-1℃芒果苗死亡。	(張，1997) (Bally et al., 2000) (黃等，2008) (劉，2010) (唐等，2016) (張等，2016) (Ramireza and Davenport, 2016) (石，2017)
	氣溫<6℃ 開花期	葉梢、花穗及幼果會遭受寒害，且不利花芽分化。 盛花期遇低溫，著果率降為 7%，著果期遇低溫，著果率降為 13%。	
	氣溫<8℃	部分幼葉呈紅色，回溫後花穗可能枯黑萎凋，回溫後五天嫩芽乾枯。	
	氣溫 13℃	處理 10 天，著果會受到影響，花穗抽出前遇低溫，會延後開花。 盛花期遇低溫，著果率降為 20%，著果期遇低溫，著果率降為 53%。	
	氣溫<15℃	1. 不至於造成花穗的寒害，但會降低花粉活性至 30-40 %，且花粉可能不萌發，萌發延遲或胚珠敗育，亦會影響授粉媒介昆蟲的活動，導致芒果開花不結果。 2. 葉綠素螢光隨低溫處理時間增加而下降(Fv/Fm=0.647)。	
	氣溫<18℃	盛花期遇低溫，著果率降為 60%，著果期遇低溫，著果率降為 87%。	
	氣溫 10~20℃	會抑制芒果花粉管的生長，發育不全的胚數量增加。	
	夜溫<7℃	Rubisco 活性降低、二氧化碳同化作用受抑制，光合作用能力降低。	(Allen et al., 2000)
熱害	氣溫>25℃	1. 授粉期和著果期，25℃以上則促進營養生長，不利花芽形成，且花粉萌發率降低、發育不全的胚數量增加。 2. 30℃處理時，老葉之葉綠素螢光值高於幼葉。愛文隨溫度提高滲漏率增加速度也會提高，乙烯釋放率隨溫度增加而增加。 3. 35℃處理約 20 小時，Fv/Fm<0.5。 4. 37℃以上的乾熱風 (焚風)，則會使枝梢受傷。	(Lakshminarayana and Aguilar, 1975) (邱，2010) (黃，2011)
	氣溫 45℃	葉綠素螢光值(Fv/Fm) ≒0.49，僅有氣溫 25℃的 60%。	(Yamada et al.,1996)
缺水	可抑制芒果營養生長，促進開花。		(吳，1995) (Elsheery and Cao, 2008) (邱，2010)
	開花期	花穗長度變短、花序上小花減少、落花。	
	生長期	沿海(枋山地區)枝梢遭高溫及帶有鹽分的風吹襲，會枝葉乾枯，植株生育受損。	
淹水	耐淹水程度中等。		(吳，1995) (Schaffer, 1998) (Larson et al., 1993)
	導致樹體偏向營養生長，或開花期延後之現象。淹水超過 2-3 天，營養生長亦會減緩。		
	淹水第 4-10 天，皮孔開始增生，淹水時間越長，增生之皮孔數越多。		
品種比較	以葉綠素螢光為指標	對熱耐受性高：M-18、Yai Klam、愛文、聖心 對低溫耐受性高：金煌、愛文、FP-1、聖心、海頓	(黃，2011) (劉，2010)

表二、番石榴逆境生理指標

番石榴逆境生理指標				
指標項目	指標值	生理描述		Reference
寒害	氣溫<-1℃	凍傷		(Hao and Arora, 2009) (王，2012) (何，2014)
	日夜溫 7/3℃	1. 枝條長度生長減少。 2. 葉片含水量降低，葉片由綠轉紅、花青素含量增加。		
	氣溫<9℃，6 hr	花粉萌芽率	34.6% (15℃) >> 11.2%	
	氣溫<15℃		降至 68%，影響授粉。	
熱害	氣溫>37℃	花粉萌芽率	降 38 %，影響授粉。	(王，2012) (何，2014)
	氣溫>40℃，1 天		52.2% (35℃) >> 0%	
	氣溫>45℃	24 小時候珍珠拔組織滲漏值 29.5%		
	氣溫>55℃，葉綠素螢光值(Fv/Fm) <0.5	1. 葉片受到難以恢復之損傷。 2. 快速致死溫度。		
	熱處理	1. 珍珠拔呼吸率會上升 2.6 倍後逐漸下降。 2. 葉片褐化。		
缺水	暫時萎凋點 土壤水勢：-55KPa (相對含水量 RWC40%) 葉片水勢：-1.9MPa (RWC89%)	1. 葉片收縮，枝條下垂。 2. Pn、Gs、ΦPSII (Fv1/Fm1)、E、土壤及葉片 RWC 與 Ψleaf 分別較未乾旱對照組下降 26-86%。		(Lin et al., 2015)
	永久萎凋點 土壤水勢：-71KPa (RWC24%) 葉片水勢：-2.9MPa (RWC 約 81%)	Pn、Gs、ΦPSII、E、土壤及葉片 RWC 與 Ψleaf 分別較未乾旱對照組下降 16-89%。		(Lin et al., 2015)
	灌溉水 ECw>1.5dSm^{-1}	易使植株產生鹽分逆境。鹽分逆境使枝條長度，葉綠素 a、b 含量減少。		(Ali-Dinar et al., 1999) (Cavalcante et al., 2007)
	乾旱情況，組織滲漏值 4.5-8%	表示葉片受到難以恢復之損傷。		(王，2012)
淹水	葉片黃化、淨光合作用降低、大量落葉、新葉畸形壞疽、葉與花芽生長延遲並停止，淹水 30 天，植株死亡率達 67%			(黃和林，2003)
品種比較	以溫度為指標	耐熱程度：細葉、馬來、夏威夷>珍珠、梨仔、泰國 不耐寒：馬來、梨仔		(王，2012)

表三、蓮霧逆境生理指標

蓮霧逆境生理指標				
指標項目	指標值		生理描述	Reference
寒害	氣溫<7℃	分粒期、黑歪期、紅頭期和成熟採收期	花蕾及幼果將受寒害而落果。	(王, 1988) (陳，2009)
		幼蕾期、謝花期	落花、落果，葉片顏色轉為土黃綠色至黃褐色的燙傷狀，失去光澤而後落葉。	
	氣溫<10℃	生長期	1. 寒流停滯回溫後，常導致落果(25-45%)及裂果、果實表面斑點。 2. 果實受寒害，10℃2 天產生嚴重陷點小病斑，後轉為無色陷點，進而擴大使顏色全失。 3. 葉片生長受抑制。	(洪等，1989) (Fu, 1994) (Huang et al., 2005) (黃，2016)
	氣溫<14℃	印尼大果種	果實低溫受害。	(黃，2017)
	日溫/夜溫<25/15℃		開花率降低至 5.2%。	(Hsiao et al., 1996)
	葉綠素螢光值(Fv/Fm) <0.5		經 8℃處理後，Fv/Fm 會下降(Fv/Fm 或 F_0 作為蓮霧離體葉片低溫耐受性指標不穩定。)	(江，2014)
熱害	氣溫>30℃		果皮著色不良、幼果裂果、新芽壞死、落葉及落果。	(洪等，1989)
	蓮霧受焚風害時，主要產生落果、落葉、果實脫水、果形變小及養分吸收困難等症狀。			(Kuo et al., 2001)
缺水	1.蓮霧遭受旱害時，主要產生落果、落葉及裂果等症狀。 2.果實糖度降低，果皮有裂紋且紅色程度降低。			(Kuo et al., 2001) (Lin, 2013)
淹水	12-21 天後，樹皮裂開，長出不定根，限制枝條延長、葉片延展及生長，葉綠素濃度降低。			(Tanchai and Phavaphutanon, 2008)
雨害	1. 11-2 月的涼溫期裂果率約 20%以下，3 月後隨氣溫及雨量的增加上升。 2. 雨災害會引發裂果、病害及開花結果障礙。 3. 會產生裂果及落葉、落果等現象，若於催花前後遭害，則會導致催花無效或降低催花成功率			(Kuo et al., 2001) (高雄改良場，2013)
品種比較	以溫度為指標		耐寒程度：圓葉種>南洋種>泰國種	(洪等，1989)

四、致謝

本計畫集結農業試驗所、嘉義分所、鳳山分所及各區農業改良場果樹專家及研究人員提供資料及協助撰寫栽培曆、防災栽培曆及提供臨界致災條件、減災及復栽技術，發揮團隊合作及資料分享之研究精神，謹此致上最誠摯之敬意與謝意。另外，以上相關資料，會因研究成果而有所更新及異動。